

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application: 2003年 4月 4日

出願番号

Application Number: 特願2003-101367

[ST.10/C]:

[JP2003-101367]

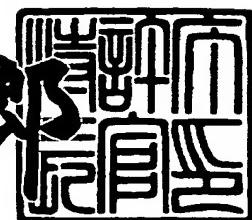
出願人

Applicant(s): 宇宙科学研究所長

2003年 6月 11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一



出証番号 出証特2003-3045440

【書類名】 特許願
【整理番号】 U2002P236
【提出日】 平成15年 4月 4日
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 H01L 29/00
【発明の名称】 半導体レーザ及び半導体レーザの発振方法
【請求項の数】 28
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県相模原市由野台3丁目1番1号 宇宙科学研究所内
【氏名】 戸田 知朗
【特許出願人】
【識別番号】 391012693
【氏名又は名称】 宇宙科学研究所長 松尾 弘毅
【代理人】
【識別番号】 100072051
【弁理士】
【氏名又は名称】 杉村 興作
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 074997
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9710141
【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ及び半導体レーザの発振方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の基板上において、順次隣接するように形成されたn型エミッタ層、p型ベース層、活性層、n型ベース層及びp型エミッタ層からなる半導体層群をえることを特徴とする、半導体レーザ。

【請求項2】 前記活性層に対してドリフト電流が生じるような電圧を印加し、所定の波長光を生成して発振するようにしたことを特徴とする、請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項3】 前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層で構成されるPN接合部分に対して、逆方向電圧を印加することを特徴とする、請求項2に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 前記活性層に対して拡散電流が生じるような電圧を印加し、所定の波長光を生成して発振するようにしたことを特徴とする、請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層で構成されるPN接合部分に対して、順方向電圧を印加することを特徴とする、請求項4に記載の半導体レーザ。

【請求項6】 前記活性層に対して拡散電流及びドリフト電流が生じるような電圧を印加し、所定の波長光を生成して発振するようにしたことを特徴とする、請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項7】 前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層で構成されるPN接合部分に対して、順方向電圧を印加することを特徴とする、請求項6に記載の半導体レーザ。

【請求項8】 順次隣接して形成された前記n型エミッタ層、前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層からなる第1の半導体層群区分はバイポーラトランジスタとして機能し、このバイポーラトランジスタを駆動させることにより、前記活性層に注入する電子量を制御することを特徴とする、請求項1～7のいずれか一に記載の半導体レーザ。

【請求項9】 順次隣接して形成された前記p型ベース層、前記活性層、前記n型ベース層及び前記p型エミッタ層からなる第2の半導体層群区分はバイポーラトランジスタとして機能し、このバイポーラトランジスタを駆動させることにより、前記活性層に注入する正孔量を制御することを特徴とする、請求項1～8のいずれか一に記載の半導体レーザ。

【請求項10】 前記活性層に注入させる前記電子量及び前記正孔量の少なくとも一方を制御することによって、生成及び発振される前記波長光の出力を変調するようにしたことを特徴とする、請求項8又は9に記載の半導体レーザ。

【請求項11】 前記半導体層群は、III-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項1～10のいずれか一に記載の半導体レーザ。

【請求項12】 前記半導体層群は、 $In_{1-X}Ga_XAs_{1-Y}P_Y$ ($0 \leq X \leq 1$, $0 \leq Y \leq 1$) なる組成のIII-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項11に記載の半導体レーザ。

【請求項13】 前記半導体層群の、前記p型ベース層と前記活性層との間に、電子走行域層を具えることを特徴とする、請求項1～12のいずれか一に記載の半導体レーザ。

【請求項14】 前記電子走行域層は、III-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項13に記載の半導体レーザ。

【請求項15】 前記電子走行域層は、 $In_{1-P}Ga_PAs_{1-Q}P_Q$ ($0 \leq P \leq 1$, $0 \leq Q \leq 1$) なる組成のIII-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項14に記載の半導体レーザ。

【請求項16】 所定の基板上において、順次隣接するように形成されたn型エミッタ層、p型ベース層、活性層、n型ベース層及びp型エミッタ層からなる半導体層群を具える半導体レーザの、前記活性層に対してドリフト電流が生じるような電圧を印加し、所定の波長光を生成して発振させることを特徴とする、半導体レーザの発振方法。

【請求項17】 前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層で構成されるPN接合部分に対して、逆方向電圧を印加することを特徴とする、請求項16に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項18】 所定の基板上において、順次隣接するように形成されたn型エミッタ層、p型ベース層、活性層、n型ベース層及びp型エミッタ層からなる半導体層群を具える半導体レーザの、前記活性層に対して拡散電流が生じるような電圧を印加し、所定の波長光を生成して発振させることを特徴とする、半導体レーザの発振方法。

【請求項19】 前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層で構成されるPN接合部分に対して、順方向電圧を印加することを特徴とする、請求項18に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項20】 所定の基板上において、順次隣接するように形成されたn型エミッタ層、p型ベース層、活性層、n型ベース層及びp型エミッタ層からなる半導体層群を具える半導体レーザの、前記活性層に対して拡散電流及びドリフト電流が生じるような電圧を印加し、所定の波長光を生成して発振させることを特徴とする、半導体レーザの発振方法。

【請求項21】 前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層で構成されるPN接合部分に対して、順方向電圧を印加することを特徴とする、請求項20に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項22】 順次隣接して形成された前記n型エミッタ層、前記p型ベース層、前記活性層及び前記n型ベース層からなる第1の半導体層群区分はバイポーラトランジスタとして機能し、このバイポーラトランジスタを駆動させることにより、前記活性層に注入する電子量を制御し、生成及び発振される前記波長光の出力を変調することを特徴とする、半導体レーザの発振方法。

【請求項23】 順次隣接して形成された前記p型ベース層、前記活性層、前記n型ベース層及び前記p型エミッタ層からなる第2の半導体層群区分はバイポーラトランジスタとして機能し、このバイポーラトランジスタを駆動させることにより、前記活性層に注入する正孔量を制御し、生成及び発振される前記波長光の出力を変調することを特徴とする、半導体レーザの発振方法。

【請求項24】 前記半導体層群の、前記p型ベース層と前記活性層との間に電子走行域層を設け、前記半導体層群中に生じるガン効果に起因した電流振動と、緩和振動における高次モードの電流振動とを同調させ、前記波長光の出力を高速

で変調することを特徴とする、請求項16～23のいずれか一に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項25】 前記半導体層群は、III-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項16～24のいずれか一に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項26】 前記半導体層群は、 $In_{1-X}Ga_XAs_{1-Y}P_Y$ ($0 \leq X \leq 1$, $0 \leq Y \leq 1$) なる組成のIII-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項25に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項27】 前記電子走行域層は、III-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項24～26のいずれか一に記載の半導体レーザの発振方法。

【請求項28】 前記電子走行域層は、 $In_{1-P}Ga_PAs_{1-Q}P_Q$ ($0 \leq P \leq 1$, $0 \leq Q \leq 1$) なる組成のIII-V族化合物半導体からなることを特徴とする、請求項27に記載の半導体レーザの発振方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザ及び半導体レーザの発振方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザの研究は既に成熟した感があり、現在においては短波長の発振と他素子との集積化技術のみに産業界の興味は集中しているようである。しかしながら、工学的にみて半導体レーザはその使用態様などを考慮すると未だ完成品と呼べるものではない。

【0003】

従来の半導体レーザは、所定の基板上に活性層を挟むようにしてPN接合を構成する半導体層群を形成してなり、順方向電圧を印加することによって拡散電位を打ち消したほぼ無電界の状態でキャリアの拡散を生ぜしめ、前記活性層内に電流注入を行って励起せしめ、レーザ発振を行うようにしている。すなわち、従来の半導体レーザにおいては、PN接合に対する順方向電圧印加という態様のみでしかレーザ発振を行うことができず、極めて多様性に乏しいものであった。

【0004】

かかる状態に鑑みて、量子カスケードレーザなるものが開発されたが、発振波長などの観点から実用には至っていない（例えば、”High power mid-infrared ($\lambda \sim 5 \mu m$) quantum cascade lasers operating above room temperature”、Appl. Phys. Lett. 68 (26), 24 June 1996）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、レーザの発振方法に多様性を持たせた新規な構成の半導体レーザ及び半導体レーザの発振方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく、本発明は、

所定の基板上において、順次隣接するように形成されたn型エミッタ層、p型ベース層、活性層、n型ベース層及びp型エミッタ層からなる半導体層群を具えることを特徴とする、半導体レーザに関する。

【0007】

本発明の半導体レーザは、実際のレーザとして機能するn型エミッタ層、p型ベース層、活性層、n型ベース層及びp型エミッタ層からなる5層構造であって、n型エミッタ層及びp型ベース層間、p型ベース層及びn型ベース層間、並びにn型ベース層及びp型エミッタ層間において3つのPN接合を有する3接合構造の半導体層群を具えている。前記p型ベース層及び前記n型ベース層から構成されるPN接合は、中間に活性層を有しているので、いわゆる従来のPN接合型の半導体レーザ部分を構成する。

【0008】

一方、前記半導体層群は、順次隣接して形成された前記n型エミッタ層、前記p型ベース層、前記活性層、及び前記n型ベース層からなる第1の半導体層群区分と、同じく順次隣接して形成された前記p型ベース層、前記活性層、前記n型ベース層及び前記p型エミッタ層とからなる第2の半導体層群区分とを有している。そして、前記第1の半導体層群区分はいわゆるn p n型のバイポーラトラン

ジスタとしての構造を呈し、前記第2の半導体層群区分はいわゆる p n p 型のバイポーラトランジスタとしての構造を呈する。

【0009】

すなわち、上記半導体層群は P N 接合型の半導体レーザ部分と、 n p n 型のバイポーラトランジスタと、 p n p 型のバイポーラトランジスタとをそれぞれ独立に有するような構造を呈している。したがって、これらを独立に制御することによって、多様なレーザの発振を行うことが可能になる。

【0010】

従来の半導体レーザは P N 接合型の半導体レーザ部分しか有さないため、活性層に印加する電圧の方向（正負を考慮した電圧値）と電子及び正孔の輸送方向とは 1 対 1 に対応づけられていた。具体的には、 P N 接合部分に順方向電圧を印加することによって活性層中に電流（拡散電流）注入を行い、前記活性層を励起して所定の波長光を生成し発振するものであるが、前記電流注入は、ミクロ的に見た場合、前記活性層中に電子と正孔とが前記順方向電圧の印加方向に沿って流れることによって実施される。したがって、電圧の印加方向と電子及び正孔の輸送方向とは 1 対 1 に対応づけられる。

【0011】

これに対して、本発明の半導体レーザにおいては、半導体レーザ部分と、バイポーラトランジスタとして機能する第1の半導体層群区分及び第2の半導体層群区分とを独立に制御すれば、電流注入による活性層の励起及び波長光の生成発振と、第1の半導体層群区分による電子の輸送及び第2の半導体層群区分による正孔の輸送とを独立して行うことができる。

【0012】

すなわち、本発明に従って、前記半導体レーザ部分に対しては、従来と同様の順方向電圧を印加し、拡散電流を生ぜしめて活性層を励起し、所定の波長光を生成し発振させることもできる。また、前記半導体レーザ部分内に生じている固有障壁電圧（拡散電位）よりも小さい、微小な順方向電圧を印加することによって、前記拡散電流に加えてドリフト電流を生ぜしめ、これらの電流によって前記活性層を励起し、所定の波長光を生成し発振させることもできる。さらに、ある程

度の大きさの逆方向電圧を印加することによって、前記拡散電流に代えて高電界に起因したドリフト電流を生ぜしめ、このドリフト電流によって前記活性層を励起し、所定の波長光を生成し発振させることもできる。

【0013】

このように本発明の半導体レーザは、順方向電圧及び逆方向電圧のいずれの場合においても発振動作を行うことができ、多様なレーザ発振を行うことができる。

【0014】

なお、半導体レーザの全体としては、上述した第1の半導体層群区分及び第2の半導体層群区分を適宜制御して、所定方向に電子及び正孔を輸送することができる。したがって、半導体レーザ全体としては所定方向に電流が流れるようにすることができる。また、上述したドリフト電流が十分でない場合は、前記第1の半導体層群区分及び前記第2の半導体層群区分から前記活性層に対して電子及び正孔を注入することができ、前記ドリフト電流を補って十分な励起、すなわち十分な出力（強度）の波長光を生成し発振させることができるようになる。

【0015】

また、前記第1の半導体層群区分及び／又は前記第2の半導体層群区分を適宜に制御し、前記半導体レーザ部分の、前記活性層中に注入させる電子量及び／又は正孔量を調節し、前記活性層の励起度合いを制御することができる。したがって、前記半導体レーザから発振される波長光の出力（強度）を変調することができるようになる。

【0016】

なお、本発明の好ましい態様においては、前記半導体層群の、前記p型ベース層と前記活性層との間に電子走行域層を設ける。これによって、前記半導体層群中に生じるガン効果に起因した電流振動と、緩和振動における高次モードの振動とを同調させ、前記波長光の出力を高速で変調することができるようになる。

本発明の詳細及びその他の特徴については以下に説明する。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の半導体レーザの一例を示す構成図であり、図2は、図1に示す半導体レーザにおける半導体層群の接合状態を模式的に示す図である。

【0018】

図1に示す半導体レーザ10は、基板11上において、n型エミッタ層12、p型ベース層13、活性層14、n型ベース層15、及びp型エミッタ層16が順次積層されている。なお、p型エミッタ層16はメサストライプ状を呈している。n型エミッタ層12、p型ベース層13、活性層14、n型ベース層15、及びp型エミッタ層16は、半導体層群20を構成する。この半導体層群20が半導体レーザとして機能する。

【0019】

p型エミッタ層16上にはキャップ層17を介して電極層21が設けられており、n型ベース層15上には絶縁層18を介して電極層22が設けられている。また、p型ベース層13の一部露出した表面上には、電極層23が設けられており、基板11の裏面には電極層24が設けられている。

【0020】

半導体層群20は、n型エミッタ層12からp型エミッタ層16までの5層からなる5層構造を呈するとともに、n型エミッタ層12及びp型ベース層13、p型ベース層13及びn型ベース層15、並びにn型ベース層15及びp型エミッタ層16で構成される3つのPN接合を有する3接合構造を呈する。

【0021】

半導体層群20の、p型ベース層13、活性層14、及びn型ベース層15は、PN接合型の半導体レーザ部分を構成する。n型エミッタ層12、p型ベース層13、活性層14、及びn型ベース層15からなる第1の半導体層群区分はn-p-n型のバイポーラトランジスタを構成する。p型ベース層13、活性層14、n型ベース層15、及びp型エミッタ層16からなる第2の半導体層群区分はp-n-p型のバイポーラトランジスタを構成する。

【0022】

すなわち、半導体レーザ10は、PN接合型の半導体レーザ部分と、n-p-n型のバイポーラトランジスタと、p-n-p型のバイポーラトランジスタとを有してい

るので、これらを独立に制御することによって、多様なレーザの発振を行うことが可能になる。

【0023】

例えば、前記半導体レーザ部分に対して順方向電圧を印加し、拡散電流を生ぜしめて活性層14を励起し、所定の波長光を生成し発振させることもできる。また、前記半導体レーザ部分内に生じる固有障壁電圧（拡散電位）より小さい、微小な順方向電圧を印加することによって、前記拡散電流に加えてドリフト電流を生ぜしめ、これらの電流によって活性層14を励起し、所定の波長光を生成し発振させることもできる。さらに、ある程度の大きさの逆方向電圧を印加することによって、前記拡散電流に代えて高電界に起因したドリフト電流を生ぜしめ、このドリフト電流によって活性層14を励起し、所定の波長光を生成し発振させることもできる。

【0024】

したがって、図1に示す半導体レーザ10は、順方向電圧及び逆方向電圧のいずれの場合においても発振動作を行うことができ、多様なレーザ発振を実現することができる。

【0025】

なお、半導体レーザ10全体としては、上述したn p n型のバイポーラトランジスタを構成する前記第1の半導体層群区分、及びp n p型のバイポーラトランジスタを構成する前記第2の半導体層群区分に印加する電圧を適宜制御することによって、所定方向に電子及び正孔を輸送することができ、半導体レーザ10全体としては所定方向に電流が流れるようにすることができる。

【0026】

また、上述したドリフト電流が十分でない場合は、前記第1の半導体層群区分及び前記第2の半導体層群区分から活性層14に対して電子及び正孔を注入し、前記ドリフト電流を補って十分な励起、すなわち十分な出力（強度）の波長光を生成し発振させることができる。

【0027】

さらに、前記第1の半導体層群区分及び／又は前記第2の半導体層群区分に印

加する電圧を適宜に制御し、前記半導体レーザ部分の、活性層14中に注入させる電子量及び／又は正孔量を調節し、活性層14の励起度合いを制御することができる。これによって、半導体レーザ10から発振される波長光の出力（強度）を変調することができるようになる。

【0028】

なお、従来の半導体レーザはPN接合型の半導体レーザ部分しか有さないため、電圧の印加方向と電子及び正孔の輸送方向とは1対1に対応づけられる。

【0029】

上述した半導体層群20を構成するn型エミッタ層12からp型エミッタ層16は、例えばIII-V族化合物半導体から構成することができる。具体的には、 $I_{n_1-X}G_a_{X}A_s_{1-Y}P_Y$ ($0 \leq X \leq 1$, $0 \leq Y \leq 1$) なる組成のIII-V族化合物半導体から構成することができる。

【0030】

図3は、図1に示す半導体レーザの変形例を示す構成図である。簡単のため、同じあるいは類似の構成要素に対しては同一の参照数字を用いている。図3に示す半導体レーザ10においては、半導体層群20の、活性層14とp型ベース層13との間に電子走行層19が設けられている。したがって、半導体層群20中に生じるガン効果に起因した電流振動と、緩和振動における高次モードの電流振動とを同調させ、発振させる波長光の出力を高速で変調することができるようになる。

【0031】

なお、図3の半導体レーザにおけるその他の構成要素については図1に示すものと同じである。

【0032】

電子走行層19は、上述したn型エミッタ層12などと同様に、III-V族化合物半導体から構成することができ、具体的には、 $I_{n_1-P}G_a_PA_s_{1-Q}P_Q$ ($0 \leq P \leq 1$, $0 \leq Q \leq 1$) なる組成のIII-V族化合物半導体から構成することができる。

【0033】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいて、あらゆる変形や変更が可能である。

【0034】

例えば、上記具体例においては、基板11上において、n型エミッタ層12、p型ベース層13、活性層14、n型ベース層15、及びp型エミッタ層16がこの順に積層されているが、これらの積層順序を逆転することもできる。すなわち、本発明においては、これらの層が隣接するようにして積層されていれば、その積層順序については特に問題とされるものではない。

【0035】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、順方向電圧及び逆方向電圧のいずれの場合においても発振動作を行うことができ、多様なレーザ発振を実現することができる半導体レーザ及び半導体レーザの発振方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の半導体レーザの一例を示す構成図である。

【図2】 図1に示す半導体レーザにおける半導体層群の接合状態を模式的に示す図である。

【図3】 図1に示す半導体レーザの変形例を示す構成図である。

【符号の説明】

- 10 半導体レーザ
- 11 基板
- 12 n型エミッタ層
- 13 p型ベース層
- 14 活性層
- 15 n型ベース層
- 16 p型エミッタ層
- 17 キャップ層
- 18 絶縁層

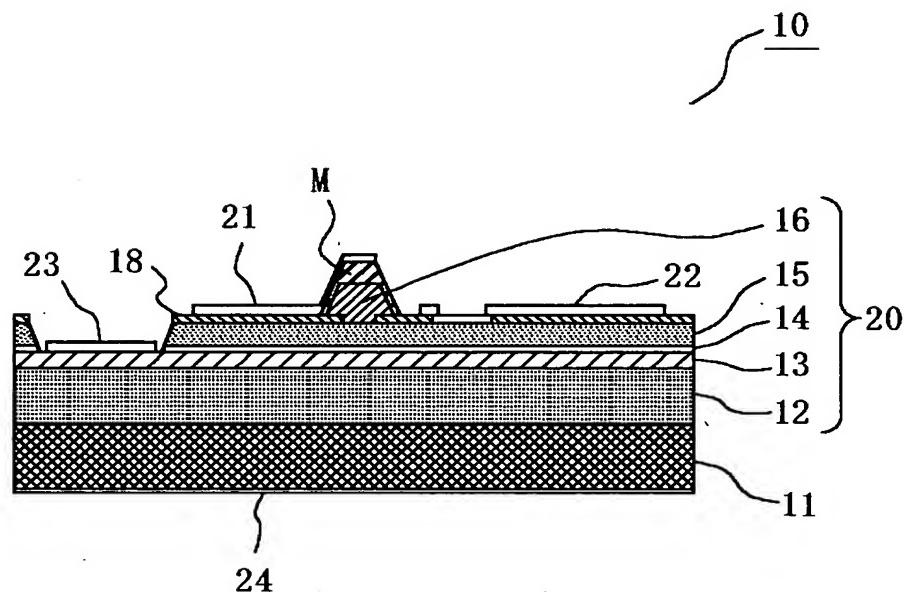
19 電子走行層

20 半導体層群

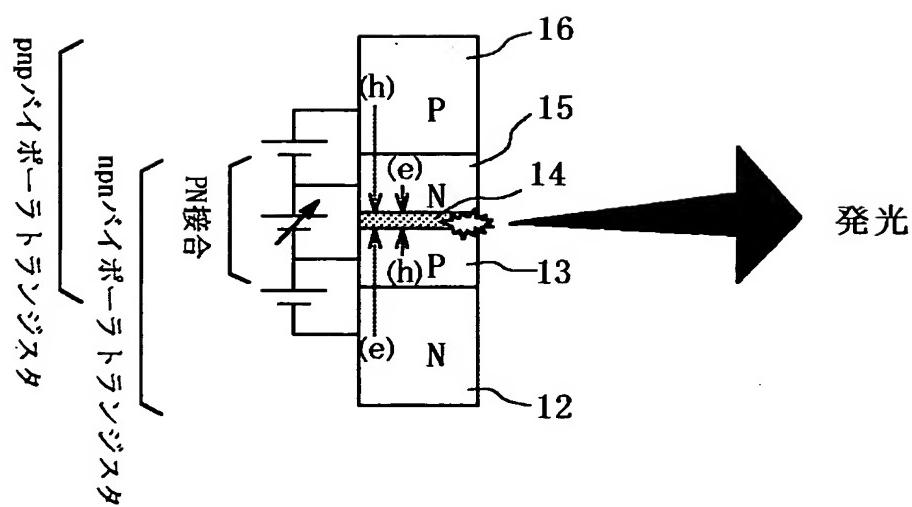
21-24 電極層

【書類名】 図面

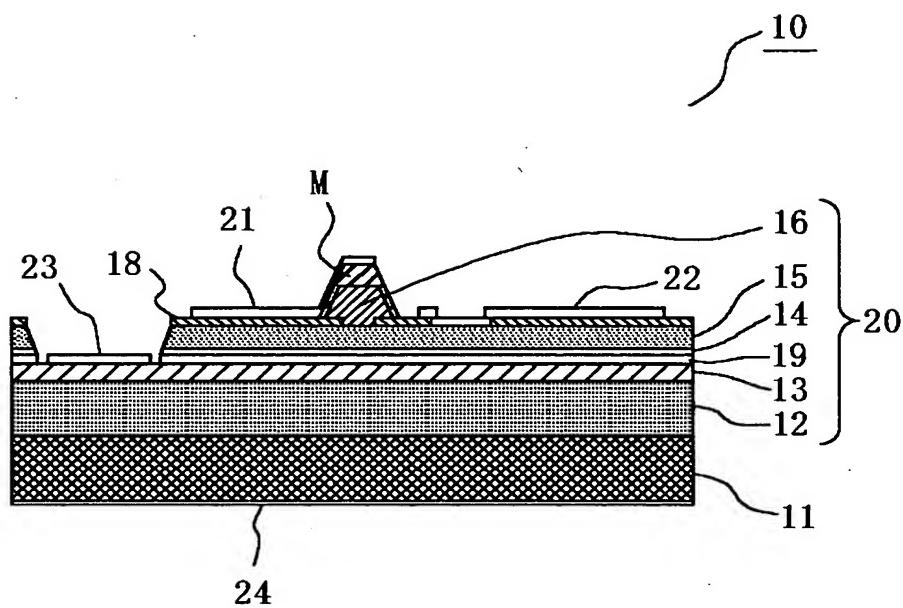
【図1】



【図2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザの発振方法に多様性を持たせた新規な構成の半導体レーザ及び半導体レーザの発振方法を提供する。

【解決手段】 基板11上において、n型エミッタ層12、p型ベース層13、活性層14、n型ベース層15、及びp型エミッタ層16が順次積層されてなる半導体層群20を形成する。p型ベース層13、活性層14、及びn型ベース層15からPN接合型の半導体レーザ部分を構成する。n型エミッタ層12、p型ベース層13、活性層14、及びn型ベース層15からなる第1の半導体層群区分からn p n型のバイポーラトランジスタを構成する。p型ベース層13、活性層14、n型ベース層15、及びp型エミッタ層16からなる第2の半導体層群区分からp n p型のバイポーラトランジスタを構成する。実際のレーザ発振においては、前記半導体レーザ部分、前記第1の半導体層群区分、及び前記第2の半導体層群区分を独立に制御する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-101367
受付番号	50300564342
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 4月 7日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	391012693
【住所又は居所】	神奈川県相模原市由野台3丁目1番1号
【氏名又は名称】	宇宙科学研究所長

【代理人】

【識別番号】	100072051
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3-2-4 霞山ビル7階
【氏名又は名称】	杉村 興作

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [391012693]

1. 変更年月日 1991年 1月22日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県相模原市由野台3丁目1番1号
氏 名 宇宙科学研究所長